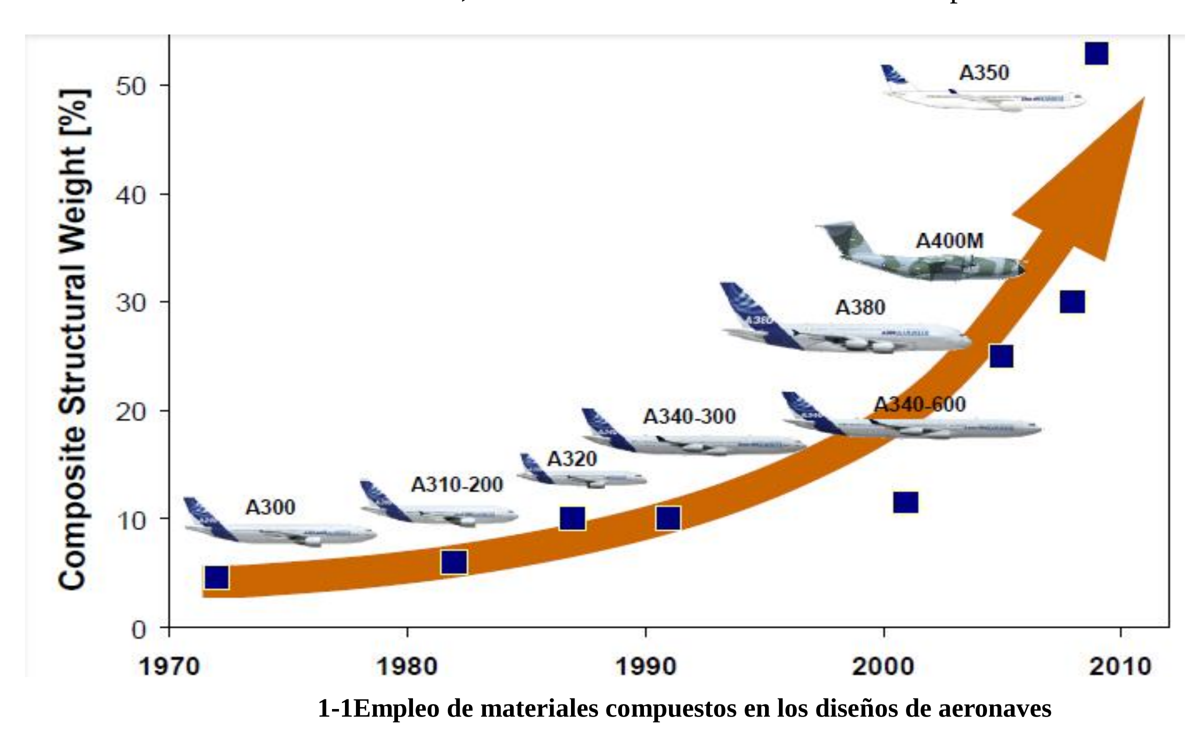


1. INTRODUCCION

1.1 Motivación

A lo largo de los últimos años, se han ido incorporando en la industria aeronáutica los materiales compuestos, que por sus excelentes propiedades mecánicas y su bajo peso específico, los convierten en una alternativa a los materiales metálicos, como el aluminio, en muchas estructuras aeronáuticas.

Como se puede observar, el porcentaje de utilización de los materiales compuestos en la industria aeronáutica en los últimos cuarenta años, se ha ido incrementando de forma exponencial:



1-1Empleo de materiales compuestos en los diseños de aeronaves

Esto se ha traducido, en un importante incremento en la inversión que las empresas han destinado al estudio del comportamiento de las estructuras fabricadas en este tipo de materiales, así como de las reparaciones asociadas a las mismas.

Una de las áreas a las que se ha dedicado grandes esfuerzos es las uniones adhesivas metal-composite, composite-composite.

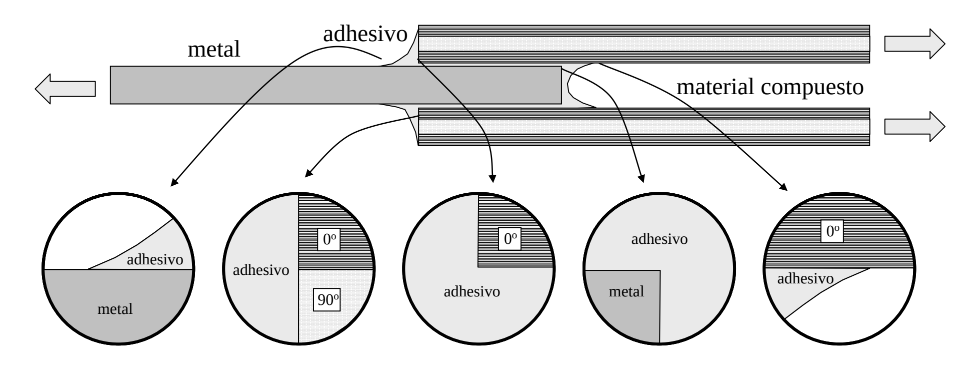
Las uniones pegadas resultan ser las más interesantes desde el punto de vista estructural, pero llevan aparejadas una gran complejidad en su comportamiento, y es por este motivo que las empresas del sector aeronáutico durante años, se han dedicado al estudio de su comportamiento mecánico y estructural.

Por tanto, continuando con los estudios precedentes, y en paralelo con otros muchos, de la cátedra de Elasticidad y Resistencia de materiales, en el presente trabajo, se pretende contribuir en las



investigaciones que se están desarrollando para poder dictaminar el fallo de estas uniones, caracterizando lo que se denominan esquinas multimateriales.

Son llamadas esquinas multimateriales al entorno de un punto en donde confluyen distintos materiales. En dichas esquinas aparecen discontinuidades en la geometría y propiedades mecánicas.



1-2 Esquinas multimateriales

Las soluciones lineales elásticas de modelos de compuesto y de las uniones adhesivas bajo determinadas cargas mecánicas y térmicas, involucran esfuerzos no acotados en el borde de una esquina, llamados esfuerzos singulares. Estos campos singulares de esfuerzos son zonas potencialmente sensibles al fallo y es por ello que se estudian estas “esquinas multimateriales”.

1.2 Objetivos

La teoría de la elasticidad lineal predice, en general, estados singulares de esfuerzos (no acotados) en discontinuidades en la geometría, propiedades del material y condiciones de contorno.

Las esquinas multimateriales son lugares potenciales en donde un fallo se puede iniciar debido a estos campos singulares de esfuerzos.

La mayor parte de los problemas que se encuentran, pueden cubrirse bajo la hipótesis de materiales anisótropos linealmente elásticos sometidos a un estado generalizado de deformaciones planas, en donde los desplazamientos en tres dimensiones, dependen de sólo dos coordenadas cartesianas ($u_i = u_i(x_1, x_2) = u_i(r,\theta)$ con i=1,2,3 o $i = r,\theta,3$).

Definiendo un sistema de referencia polar centrado en el vértice de la esquina multimaterial, las tensiones y desplazamientos asintóticos ($r \rightarrow 0_+$) $\sigma_{ij}(r,\theta)$ y $u_i(r,\theta)$ tienen la estructura definida por el desarrollo en serie mostrado



$$\sigma_{ij}(r,\theta) = \sum_{k=1}^{n} \frac{K_k}{(r/L)^{1-\lambda_k}} f_{ijk}(\theta) + \sigma_{ij0}(\theta),$$

$$u_i(r,\theta) = \sum_{k=1}^{n} K_k (r/L)^{\lambda_k} g_{ik}(\theta) + u_{i0}(r,\theta)$$

Dónde:



- r es la distancia al vértice
- L es una distancia característica del problema
- K_k son los factores de intensificación de tensiones generalizados (*FITGs*)
- λ_k son los exponentes característicos (y 1- λ_k los órdenes de singularidad en tensiones)
- $f_{ijk}(\theta)$ y $g_{ik}(\theta)$ las funciones características
- $\sigma_{ij0}(\theta)$ es el término no singular independiente de la coordenada r
- $u_{i0}(r,\theta)$ es una función asociada a la solución particular de las ecuaciones diferenciales

Por tanto, para caracterizar estos campos tensionales, se deben evaluar los exponentes característicos λ_k y funciones características $f_{ijk}(\theta)$ $g_{ik}(\theta)$.

Los exponentes y funciones características, λ_k, $f_{ijk}(\theta)$ y $g_{ik}(\theta)$, respectivamente, sólo dependen de la geometría ,condiciones de contorno locales, y las propiedades de los materiales que componen la esquina.

Dado este carácter local de λ_k, $f_{ijk}(\theta)$ y $g_{ik}(\theta)$, su determinación se puede abordar en la gran mayoría de los casos con herramientas analíticas.

En el presente trabajo se pretende contribuir en la determinación de ●$_k$, exponentes característicos (y 1-●$_k$ los órdenes de singularidad en tensiones), para la caracterización del estado tensional singular que se produce en las esquinas multimateriales.

Para ello se ha desarrollado un código en MATLAB que permite determinar de forma sencilla y con un interfaz amigable para el usuario estos exponentes característicos.

Las novedades frente a otros códigos existentes son la interfaz que presenta, la inclusión en las condiciones de interfaz las condiciones de deslizamiento y fricción además de la de perfectamente pegado, y el hecho de que el código está compartimentado y organizado de tal manera que es fácil su modificación.